

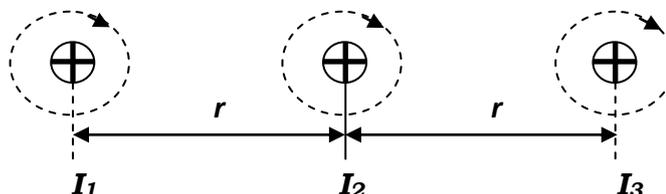
## 1. Магнитное поле тока.

### Основные формулы раздела «Магнитное поле»

<b>1.</b>	<b>Индукция магнитного поля</b>	
	для прямого бесконечно длинного проводника	$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r}$ <i>r</i> – кратчайшее расстояние от проводника до точки, в которой подсчитывается напряженность поля
	для кругового витка с током в его центре	$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi R}$ <i>R</i> – радиус витка
	для соленоида с током на его оси	$B = \mu\mu_0 In$ <i>n</i> – число витков, отнесенное к длине соленоида
	<b>Во всех случаях направление вектора <math>\vec{B}</math> определяется по правилу буравчика или по правилу правой руки</b>	
	Связь индукции с напряженностью магнитного поля	$B = \mu\mu_0 H$ <i>H</i> – напряженность магнитного поля $\mu$ – магнитная проницаемость среды $\mu_0$ – магнитная постоянная
<b>2.</b>	<b>Сила Ампера</b>	
	Направление	$\vec{F}_A \perp I; \vec{F}_A \perp \vec{B}$
	Численное значение	$F_A = IB \sin\alpha; \alpha = \angle(\vec{B}, I)$
	<b>Направление силы Ампера можно найти по правилу левой руки</b>	
<b>3.</b>	<b>Сила Лоренца</b>	
	Направление	$\vec{F}_L \perp v; \vec{F}_L \perp \vec{B}$
	Численное значение	$F_L =  q vB \sin\alpha; \alpha = \angle(\vec{B}, \vec{v})$
	<b>Направление силы Лоренца можно найти по правилу левой руки (для положительного заряда)</b>	
<b>4.</b>	Вращающий момент для пары сил, действующих на рамку с током, помещенную в магнитное поле	$M = p_m B \sin\alpha$ <i>p<sub>m</sub></i> = <i>IS</i> – магнитный момент рамки с током <i>S</i> – площадь рамки $\alpha$ – угол между направлениями вектора индукции к плоскости рамки
<b>5.</b>	Магнитный поток	$\Phi = BSc \cos\alpha; \alpha = \angle(\vec{B}, \vec{n})$
<b>6.</b>	Работа магнитного поля по перемещению в нем проводника с током	$A = I\Delta\Phi = I(\Phi_2 - \Phi_1)$
<b>6.</b>	ЭДС индукции, возникающая в соленоиде	$\varepsilon_i = N \left  \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right $
<b>7.</b>	ЭДС индукции	$\varepsilon_i = Blv \sin\alpha; \alpha = \angle(\vec{B}, \vec{l})$
	Индуктивность	$L = \frac{\Phi}{I}$
<b>8.</b>	ЭДС самоиндукции	$\varepsilon_{си} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$
	Индуктивность соленоида	$L = \mu\mu_0 n^2 IS$ <i>n</i> = <i>N/l</i> – число витков, отнесенное к длине соленоида <i>l</i> – длина соленоида <i>S</i> – площадь поперечного сечения соленоида
<b>9.</b>	Энергия магнитного поля	$W = \frac{LI^2}{2}$

## Решаем вместе

1. По трём длинным прямым проводам, расположенным в одной плоскости, параллельно друг другу на расстоянии 3 см друг от друга текут токи (от нас)  $I_1 = I_2$  и  $I_3 = I_1 + I_2$ . Определить положение прямой, в каждой точке, которой индукция магнитного поля, создаваемого токами, равна нулю.



2. По двум длинным прямым проводникам, находящимся на расстоянии 5 см друг от друга, протекают токи силой по 10 А в одном направлении. Определить индукцию магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии 3 см от каждого проводника.

3. По кольцу из медной проволоки с площадью сечения  $1 \text{ мм}^2$  протекает ток силой 10 А. К концам кольца приложена разность потенциалов 0,15 В. Найти индукцию магнитного поля в центре кольца.

4. По двум одинаковым круговым виткам радиусом 5 см, плоскости которых взаимно перпендикулярны, а центры совпадают, текут одинаковые токи силой 2 А. Найти индукцию магнитного поля в центре витков.

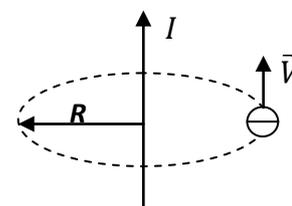
5. Требуется изготовить соленоид длиной 20 см и диаметром 5 см, создающий на своей оси магнитную индукцию 1,26 мТл. Найти разность потенциалов, которую надо приложить к концам обмотки соленоида. Для обмотки применяют медную проволоку диаметром 0,5 мм.

6. Два параллельных проводника с одинаковыми по силе токами находятся на расстоянии 8,7 см друг от друга и притягиваются с силой  $2,5 \cdot 10^{-2}$  Н. Определить силу тока в проводниках, если длина каждого из них 320 см, а токи направлены в одну сторону.

7. В однородном магнитном поле, индукция которого равна 2 Тл и направлена под углом  $30^\circ$  к проводнику, вертикально вверх движется прямой проводник массой 2 кг, по которому течёт ток силой 4 А. Через 3 с после начала движения проводник имеет скорость 10 м/с. Определить длину проводника.

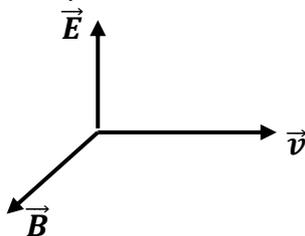
8. Циклотрон предназначен для ускорения протонов до энергии 5 МэВ. Определить наибольший радиус орбиты, по которой движется протон, если индукция магнитного поля 1 Тл.

9. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 300 В, движется параллельно прямолинейному проводнику на расстоянии 4 мм от него. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводнику пустить ток силой 5 А?



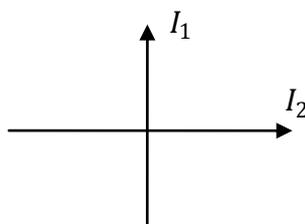
10. Электрон движется в магнитном поле, индукция которого 2 мТл, по винтовой линии радиусом 2 см и шагом винта 5 см. Определить скорость электрона.

11. Пучок электронов влетает в пространство, где возбуждены однородное электрическое поле, напряженность которого  $1 \text{ кВ/м}$ , и перпендикулярное ему магнитное поле, индукция которого  $1 \text{ мТл}$ . Скорость электронов постоянна и направлена перпендикулярно векторам  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  см. рис. Найти скорость движения электронов. Как будут двигаться электроны, если электрическое поле выключить? Каков радиус кривизны траектории электронов в этом случае?



12. Объяснить, почему два проводника, по которым текут токи в одном направлении, притягиваются.

13. Как будут вести себя два проводника с токами, расположенные перпендикулярно друг другу?



**Самостоятельно**

14. Найти индукцию магнитного поля в точке, отстоящей на  $2 \text{ см}$  от бесконечно длинного прямого провода, по которому течет ток силой  $5 \text{ А}$ .

15. Найти индукцию магнитного поля в центре кругового проволочного витка радиусом  $1 \text{ см}$ , по которому течет ток силой  $1 \text{ А}$ .

16. Принимая, что электрон в атоме водорода вращается по круговой орбите радиусом  $0,53 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ , определить индукцию магнитного поля в центре орбиты. Круговой ток, эквивалентный движущемуся электрону, принять равным  $0,01 \text{ мА}$ .

17. Вычислить магнитную индукцию внутри соленоида с железным сердечником, если на  $40 \text{ см}$  его длины намотано  $400$  витков проволоки. По виткам течет ток силой  $8 \text{ А}$ , магнитная проницаемость железа  $183$ .

18. По двум длинным параллельным проводам, расстояние между которыми  $16 \text{ см}$ , текут в противоположных направлениях токи силой  $30 \text{ А}$  каждый. Определить индукцию магнитного поля в точке, расстояние которой от обоих проводов одинаково и равно  $10 \text{ см}$ .

19. На прямой проводник длиной  $0,5 \text{ м}$ , расположенный перпендикулярно магнитному полю с индукцией  $2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ , действует сила  $0,15 \text{ Н}$ . Найти силу тока, протекающего по проводнику.

20. Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого  $20 \text{ мТл}$ , перпендикулярно силовым линиям поля со скоростью  $10^8 \text{ см/с}$ . Вычислить радиус окружности, по которой будет двигаться электрон.

21. Протон движется со скоростью  $10^8 \text{ см/с}$  перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией  $1 \text{ Тл}$ . Найти силу, действующую на протон, и радиус окружности, по которой он движется.

**22.** Электрон описывает в магнитном поле окружность радиусом 4 мм. Скорость электрона равна  $3,5 \cdot 10^6$  м/с. Найти индукцию магнитного поля.

**23.** Как направлена сила, с которой магнитное поле Земли действует в северном полушарии на горизонтальный проводник с током, если этот проводник расположен в плоскости магнитного меридиана, а ток по нему идет с севера на юг? с запада на восток?

## Ответы

<b>1</b>	$x=1,2 \cdot 10^{-2}$ м	<b>7</b>	6,55 м	<b>13</b>	-	<b>19</b>	15 А
<b>2</b>	66,6 мкТл	<b>8</b>	0,32 м	<b>14</b>	$5 \cdot 10^{-5}$ Тл	<b>20</b>	$2,8 \cdot 10^{-2}$ м
<b>3</b>	44 мкТл	<b>9</b>	$4 \cdot 10^{-16}$ Н	<b>15</b>	$6,28 \cdot 10^{-5}$ Тл	<b>21</b>	$1,6 \cdot 10^{-13}$ Н; $1,04 \cdot 10^{-2}$ м
<b>4</b>	33,6 мкТл	<b>10</b>	$7,6 \cdot 10^6$ м/с	<b>16</b>	0,118 Тл	<b>22</b>	5 мТл
<b>5</b>	2,7 В	<b>11</b>	по окружности; $5,7 \cdot 10^{-3}$ м	<b>17</b>	1,84 Тл	<b>23</b>	-
<b>6</b>	58 А	<b>12</b>	-	<b>18</b>	95,5 мкТл		